

氣體特性暨潛水高分壓氧、氮混合氣介紹

曾明義撰稿 2005.11.30

1、氧氣 (O₂)

無色、無味、無臭，有極強助燃性，化學性極活潑之元素，可與多數元素化合成氧化物。可在-183*c開始液化，約佔空氣的**21%**，經由呼吸作用而進入體內的氧氣，會和體內的物質起化學反應而產生能量來維持生命。此乃人類不可缺少的重要氣體。但若呼吸過量純氧，則會引起(氧中毒)，也是很危險的。中樞神經(氧中毒)現象：幻覺、麻痺痙攣、肌肉抽筋、情緒不安、反胃、昏眩耳鳴、視覺狹窄症、知覺喪失。以上症狀大部分有自覺性，如在水中有感覺，務必依減壓速度上升減少壓力，不可再潛水。

氧氣的比重=1.105 (在一個大氣壓力下 ATM=14.7psi) 70F

2、氮氣 (N₂)

無色、無味、無臭的氣體，可在-195.8 *c開始液化，約佔空氣中的**78%**。易溶於水，所以也會溶解於潛水員的體內這是引起減壓病的原因。此外，溶解的氮氣過量，會引起(氮醃醉症)。

氮氣的比重=0.967(在一個大氣壓力下 ATM=14.7psi)70F

3、氦氣 (He)

無色、無味、無臭，穩定性高的氣體，同時因為重量輕，呼吸抵抗力不會像氮氣 (N₂) 一樣會產生氮醉，而且它所需的減壓時間比空氣短，所以大部分的深海潛水員和海底工程公司近年來都使用，但氦氣也有它的缺點，就是導熱比空氣高，會造成潛水員體溫散失較快及鴨鳴聲的現象，所以在做較為深度潛水活動時的混氣的百分比就要注意，且價格比空氣貴很多。

氦氣的比重=0.138(在一個大氣壓力下 ATM=14.7psi)70F

4、二氧化碳 (CO₂)

無色、無臭、無味氣體，體內呼吸的作用就會產生，(若與水結合會產生酸味)，若憋氣過久便產生痛苦不堪的感覺，那是因為體內二氧化碳累積含量過高，而刺激中樞神經所產生的感覺。在一個大氣壓下，若超過2%時，便產生脈搏加快、不舒服、窒息神智不清現象。

二氧化碳的比重=1.529(在一個大氣壓力下 ATM=14.7psi)70F

5、一氧化碳 (CO)

無色、無臭、無味的有毒氣體，燃料、物品在燃燒不完全時所產生，空氣壓縮機過熱或通風不良，充填空氣瓶時，會將一氧化碳充入氣瓶內，而造成輕微中毒，要注意避免造成危險。一氧化碳對人體組織之影響使血管內皮細胞通透率增高，造成肺水腫、血管硬化、心肌缺氧、心絞痛、尤其濃度較高時，即刻造成中毒而死亡。因為 CO 與血紅素的親和力特強是 O₂ 與血紅素親和力的 200~250 倍，只要有少量 CO 存在就能和 O₂ 分子競爭血紅素之結合形成(碳氣血紅素)。空氣中大約有 0.1%的 CO 就能與 20%O₂ 相抗衡，一旦 CO 結合血紅素就不易從中解離出來，血液中有了 50%碳氣血紅素就等於損失了 50%的血液一樣，因為碳氣血紅素不能攜帶 O₂，造成輸送能力減半，對組織之供 O₂ 能力因而減少。

一氧化碳的比重=0.967(在一個大氣壓力下 ATM=14.7psi)70F

我們人類在一個大氣壓力時，每分鐘平靜吸吐空氣量=15-25 升/每。當我們吸入 21%的氧濃度空氣，吐氣時，則代謝出 5%二氧化碳及 16%氧氣之變化。所以潛水進行中呼吸過速或憋氣時，會因肺中的空氣量不足而發揮不了 O₂ 換氣功能，而造成 CO₂ 濃度增加，刺激中樞神經而痛苦難過。所以呼吸時，必需慢而深即可，尤其是做潛水活動時，更應以較輕鬆心情，同樣的呼吸方式進行，當然調節器呼吸阻抗小、供氣足為佳。

1. 空氣的壓力：

空氣密度是 0.08 磅/呎³，隨著高度增加會愈來愈稀薄，而上層空氣重量壓下層空氣，所以到海面上的空氣密度即是最高點，我們稱之為大氣壓力 1atm=14.7psi=1.013bar=1013mb=1.033kg/cm²。空氣會受溫度與壓力影響而改變體積與密度，把它置入耐壓容器施以壓力，就可以壓縮體積，增加密度。環境空氣壓力一直施壓在我們身上，因為已經習慣所以沒有感覺它的存在，亦稱為零壓力（歸零之錶壓力）。

2. 水的壓力：

淡水一立方呎的重量=62.4 磅，壓力是 0.432psi，14.7psi/0.432psi=34.03 呎（一大氣壓的淡水深度壓力）。海水一立方呎的重量=64 磅，壓力是 0.445psi，14.7psi/0.445psi=33.04 呎=10 米（一大氣壓氣壓的海水深度壓力）。水是不可壓縮性，因此壓力傳送以等速率增加，而且累積效應的結果每增加 33 呎 3 呎海水深度=一個（ATM）。水比空氣密度大約 800 倍（64/0.08=800）

3. 絕對壓力：若潛水者在 33 呎海水深度的壓力外，同時亦承受水面大氣壓力(ATM)的力量，因此計算壓力時，兩者相加一起，稱為絕對壓力，結果就有 2ATM 的絕對壓力。

4. 壓力：物體所承受的垂直力量即為壓力，其定義為：每單位面積所承受的力量， $P=W/A$ 。單位名稱有：psi、Bar、atm、kg/cm²、pa、等。

通常高壓容器充氣時的升壓速度會因材質而不同，根據德國合金鋼氣瓶製造廠、澳洲 CIG 美國 LUXFER 鋁合金氣瓶製造廠，所分別提供充填氣體每分鐘的升壓速度資料規定為合金鋼氣瓶 800psi 以下，鋁合金氣瓶 600psi 以下，這是為了避免過速升壓而破壞金相結構降低氣瓶使用次數的壽命

高分壓氧、氮混合氣潛水 NITROX~ DIVING 基本資料

早期用於軍事及工程的循環呼吸系統及混合氣潛水經歷一段長時間的考量，終於被接受推運動潛水領域。目前休閒潛水使用的NITROX之含氧比率從28%~36%使用範圍為普遍，因為是考慮了氧、氮分壓，較適當數值的安全性。原則性氧分壓PO₂之最大值不得超過1.6，當水溫降低時，必須考慮調降氧氣分壓為1.5或1.4來計算水深度的氧濃度之%問題為宜，而氮分壓PN₂最大值為不超過4.0。若氧分壓以1.6 / (4.5+1)=0.29= 29%(大深度45米以內)，而氮分壓則以4 / (4.6+1)=0.71= 71%(最大深度46米以內)，依上述之混合比例調配，可看出氮、氧各分壓約相等的最大深度利用，所以用 NITROX 29 的氮、氧混合氣來做潛水活動是恰當不過了

氮、氧混合氣潛水的優點

- 1.免減壓潛水時間延長
- 2.減少氮氣的殘留量
- 3.減壓時間縮短一半
- 4.減少氮醉症發生
- 5.減少減壓症發生
- 6.水面休息時間可縮短
- 7.對搭飛機者可減少休息時間
- 8.血液中溶氧量增加可加強免疫系統
- 9.高分壓氧潛水後會減少疲勞感覺
- 10.末梢血管代謝循環的好處

氮、氧混合氣潛水的缺點

- 1.高分壓氧過度使用引起的過氧症
- 2.在水中較長時間所引起的失溫
- 3.器材氧化之後遺症
- 4.高分壓氧易火災及氣爆危險
- 5.人員操作流程的能力問題
- 6.潛水氣成本提高
- 7.氧氣純度所造成的比率問題
- 8.混氣時充填儀表準確率問題
- 9.調整器內部密封 O 環需更換適氧性質料

高分壓氧空氣潛水，如採用標準空氣減壓表做減壓，那對於潛水員有極廣的安全空間是值得推廣。現在歐、美的潛水愛好者，多喜好使用混合氣潛水活動，因其優點與特性。當然必需接受相關課程知識、瞭解安全規定、則可享受它，這種混合氣多種稱呼：EANX-AIR（高分壓空氣），NITROX（氮、氧混合氣），Mixed Air（混合之空氣）之名。

《例》當軍艦礁在水深 40 米，若使用 NITROX 氮、氧混合氣潛水時的氧分壓計算式為水溫在 24° C 若以 PO₂ (1.6/4+1=0.32=32%) 來充填使用時，則將下潛深度應保持在 36 米以內來行動為安全。或者將最大 PO₂ 降為(1.5/4+1=0.3=30%)來充填使用更安全

氮、氧混合氣（NITROX）充氣前，深度計劃及如何計算混氧百分比。公式如下：

	現況	目標	需求
氣瓶壓力 (bar)	A	B	B-A=D
氧濃度 (%)	A ₁	B ₁	$\frac{E}{D}=D_1$
氧分壓 (bar)	C=A×A ₁	C ₁ =B×B ₁	C ₁ -C=E

Example 1	現況	目標	需求
氣瓶壓力 (bar)	50	200	150
氧濃度 (%)	32	32	$\frac{48}{150}=32$
氧分壓 (bar)	16	64	48
需充入 O ₂ =	$\frac{(D_1 - 21\%)}{(1 - 21\%)} \times D$	$\frac{(32\% - 21\%)}{(1 - 21\%)} \times 150$	=20.89 (bar)

Example 2	現況	目標	需求
氣瓶壓力 (bar)	50	200	150
氧濃度 (%)	32	30	$\frac{44}{150}=29.3$
氧分壓 (bar)	16	60	44
需充入 O ₂ =	$\frac{(D_1 - 21\%)}{(1 - 21\%)} \times D = \frac{(29.3\% - 21\%)}{(1 - 21\%)} \times 150 = 15.76 \text{ (bar)}$		

充填完成之氣瓶閥口應以（綠色膠布口），並貼標示 O₂ 之%及限潛深度於氣瓶上。當然調整器組內部氣密的圈 O 環需更換適氧性材質，如 VITON、HNBR 材質，以免造成氧化而漏氣之虞。

溫度與壓力的關係：在一定的體積中，氣體的壓力和絕對溫度成正比，因為溫度會使氣體分子活躍而膨脹增壓，所以壓力容器勿超出規定安全值，高溫環境、烈日下曝曬，會使防爆安全片爆開，縮短氣瓶使用年限。

溫度對壓力的影響及變化：可以使用（波查定律）來演算，公式如下：

例 1. $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

$$\frac{200 \text{ bar}}{273^\circ \text{K} + 20^\circ \text{K}} = \frac{?}{273^\circ \text{K} + 21^\circ \text{K}}$$

$$? = 1.0034 \times 200 \text{ bar} = 200.68 \text{ bar}$$

$$200.68 \text{ bar} - 200 \text{ bar} = 0.68 \times 14.5 = \text{(9.86psi) 增加的壓力}$$

例 2. $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

$$\frac{150 \text{ bar}}{273^\circ \text{K} + 25^\circ \text{K}} = \frac{?}{273^\circ \text{K} + 26^\circ \text{K}}$$

$$? = 1.0033 \times 150 \text{ bar} = 150.50 \text{ bar}$$

$$150.50 \text{ bar} - 150 \text{ bar} = 0.50 \text{ bar} \times 14.5 = \text{(7.3psi) 增加的壓力}$$

過濾心對於呼吸空氣品質的處理功能 與使用觀念說明：

呼吸空氣過濾心的內容物基本是：

1. 分子篩:約佔 80%,主要特性為吸附水分。
2. 活性炭:約佔 20%,主要特性是吸附油氣味、毒性氣體(SO₂,H₂S,CO₂)，若需要 CO 去除，則另有吸附性藥劑可做處理。
3. 為什麼空氣過濾心失效時，會產生臭油氣的味道？因為是分子篩對於水分的吸附量已經飽和時，所以不能保護活性炭的乾燥度而另其潮濕，致使失去吸附臭油氣的功能。
4. 如何計算空氣過濾心的使用時間？可根據原廠提供該機型送氣量所搭配之過濾心型號可以有效使用的最大處理總量，去除以壓縮機之送氣量，即是能使用多少分鐘的數字。其實環境溫度是影響相對濕度的主因，溫度越高空氣內含水分越濃，這是過濾心的功能使用時數減少的主因。

5.對於空氣過濾心使用後，失效與否的判定：

通常大多數的操作者會用嗅覺方式來判定或用充填氣瓶數量的紀錄來做更換處理依據，若以較為客觀正確判定方式，則可採用<空氣品質監控感應器>來管理或使用<空氣品質感知試劑>來測試讀值判定。

6.呼吸空氣高壓壓縮機所使用的潤滑機油，絕對不同於汽車所使用的機油，必需要選擇不含有硫化物（Sulfide）的性質，且在高溫高速運轉狀況時，可依然保持良好潤滑性質的機油，才不易產生揮發性毒性氣體，如（SO₂,H₂S,CO₂,CO）等。

西德 BAUER 空氣高壓壓縮機

台灣總代理

銘伸企業股份有限公司 TEL:02-28093567 FAX:02-28096189

台北縣 淡水鎮 八勢一街 5 號